

04-26-05

B/IFW

PATENT
ATTORNEY DOCKET NO. 05032-00010

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Henricus J.A. Stuyt

Serial No.: 09/847,696 ✓

Filed: May 2, 2001

Title: MANIPULATOR

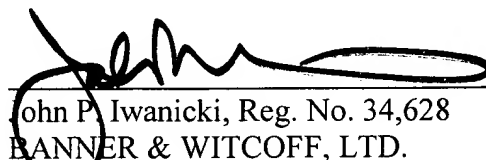
)
)
) Examiner: M. Lowe
)
) Art Unit: 3652
)
)
)
)Mail Stop Issue Fee
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450Mailing Date of Notice of Allowance: February 23, 2005
Confirmation No.: 6199TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Applicant submits herewith a certified copy of Dutch Patent Application No. NL 1010446, from which the above-referenced U.S. patent application claims priority. No fee is due. Please apply any other charges or any credits to Deposit Account No. 19-0733.

Respectfully submitted,

Date:

April 25, 2005


John P. Iwanicki, Reg. No. 34,628
BANNER & WITCOFF, LTD.
28 State Street, 28th Floor
Boston, MA 02109-1775
Telephone: (617) 720-9600

EV515645669US

KONINKRIJK DER



NEDERLANDEN

Bureau voor de Industriële Eigendom



Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 02 november 1998 onder nummer 1010446,
ten name van:

EXACT DYNAMICS B.V.

te Zevenaar

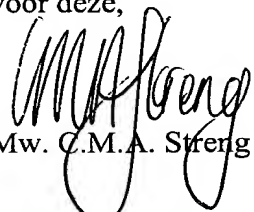
een aanvraag om octrooi werd ingediend voor:

"Manipulator",

en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

Rijswijk, 17 maart 2005

De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,
voor deze,


Mw. C.M.A. Strerg

1010446

B. v. d. I.E.

- 2 NOV. 1998

UITTREKSEL

Manipulator, voorzien van een voetdeel en een aantal beweegbaar met het voetdeel verbonden, respectievelijk elkaar verbonden leden, en tenminste een grijperdeel, zodanig dat de leden en de grijper met het voetdeel een arm vormen, waarbij aandrijfmiddelen, in het bijzonder motoren voor het bewegen van althans een aantal van de leden en de grijper zijn voorzien in het voetdeel.

1010446

B. v. v.

2 NOV. 1998

VO 2180

Titel: Manipulator.

De uitvinding heeft betrekking op een manipulator, in het bijzonder een manipulator met ten minste een aantal leden, waarvan één lid grijpervormig is. Grijpervormig dient in deze te worden begrepen als zodanig gevormd dat daarmee voorwerpen kunnen worden aangegrepen, kunnen worden bewerkt of anderszins kunnen worden gemanipuleerd. Dergelijke manipulatoren zijn uit de praktijk bekend.

Bekende manipulatoren, zoals industriële robots, omvatten bijvoorbeeld een voetdeel waarop een eerste lid beweegbaar is bevestigd in een eerste scharnierpunt, een tweede lid dat met het eerste lid is verbonden in een tweede scharnierpunt, en een derde lid dat met het tweede lid is verbonden in een derde scharnierpunt. Elk scharnierpunt is uitgerust met ten minste een motor voor het bewegen van een der leden relatief ten opzichte van het andere in het betreffende scharnierpunt bevestigde lid. Zo kan bijvoorbeeld het eerste scharnierpunt een rotatieas bepalen voor rotatie van het eerste lid om zijn lengteas ten opzichte van het voetdeel dat veelal plaatvormig is uitgevoerd, het tweede scharnierpunt een zwenkas omvatten die zich haaks op de lengterichting van zowel het eerste als tweede lid uitstrekt voor het toestaan van het zwenken van het tweede lid ten opzichte van het eerste lid, waarbij het derde scharnierpunt wederom een rotatieas bepaald, evenwijdig aan de lengterichting van het tweede lid, zodanig dat zwenking van het derde lid ten opzichte van het tweede lid mogelijk is. Bovendien kan in het derde scharnier nog een tweede zwenkas zijn voorzien, haaks op de lengteas van het tweede lid, voor het toestaan van verzwenking van het derde lid ten opzichte van het tweede lid. Elke zwenk- of rotatieas is bij een dergelijke manipulator voorzien van een motor. Bovendien is nog een motor voorzien voor het openen en sluiten van een grijper op het derde lid. Bij gestrekte manipulator liggen het

eerste, tweede en derde lid in elkaars verlengde. Een dergelijke manipulator heeft als nadeel dat de door het eerste, tweede en derde lid gevormde arm relatief zwaar is als gevolg van met name de motoren. Bovendien is de bewegingsvrijheid van een dergelijke robotarm beperkt. De gripper van een dergelijke manipulator kan slechts een beperkt gebied rond het voetdeel bestrijken en kan bijvoorbeeld niet het voetdeel zelf benaderen doordat de verschillende leden tegen elkaar zullen lopen en de zwenkhoek beperken tot aanmerkelijk minder dan 360° . Een verder nadeel van een dergelijke manipulator is dat arm relatief kwetsbaar is, met name de motoren, terwijl deze bovendien onderhoudsgevoelig is, met name doordat de elektrische bekabeling voor de motoren zich door de arm uitstrekt. Ook hierdoor wordt de bewegingsvrijheid van de manipulator bovendien begrensd. Een verder nadeel van een dergelijke manipulator is dat deze slecht in een omgeving kan worden gebruikt waar bijvoorbeeld sterke straling heerst daar dergelijke straling van invloed zal zijn op het gedrag van de motoren en op de bekabeling. Afscherming van de motoren en de bekabeling tegen dergelijke straling heeft als nadeel dat de arm daardoor zwaarder en meer volumineus wordt, hetgeen de gebruiksmogelijkheden van een dergelijke manipulator nog verder beperkt.

De uitvinding beoogt een manipulator van de in de aanhef beschreven soort waarbij de genoemde nadelen zijn vermeden, met behoud van de voordelen daarvan. Daartoe wordt een manipulator volgens de uitvinding gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 1.

Doordat bij een manipulator volgens onderhavige uitvinding de aandrijfmiddelen, in het bijzonder de motoren althans in hoofdzaak in het voetdeel zijn opgenomen, kan de arm relatief licht en slank worden uitgevoerd, terwijl de motoren en de bijbehorende bekabeling opgenomen in het voetdeel, relatief eenvoudig kunnen worden afgeschermd. Hierdoor kan een manipulator volgens de uitvinding

eenvoudig robuust worden uitgevoerd en in allerlei omgevingen worden toegepast. Bovendien kan de bewegingsvrijheid van een grijper van een manipulator volgens de uitvinding eenvoudig een bijzonder groot bereik
5 hebben. De arm van een manipulator volgens de uitvinding kan relatief eenvoudig licht worden uitgevoerd, waardoor met relatief lichte motoren een relatief grote kracht en/of hoge bewegingssnelheden en een grote nauwkeurigheid kunnen worden verkregen, hetgeen de nauwkeurigheid van
10 positionering van de grijper ten goede komt. Een manipulator volgens onderhavige uitvinding kan eenvoudig elk gewenst aantal graden van vrijheid hebben, terwijl de grijper op elke gewenste wijze kan worden uitgevoerd.

In nadere uitwerking wordt een manipulator volgens
15 onderhavige uitvinding gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 4.

Toepassing van de compensatiemiddelen voor het verkleinen, althans compenseren van het door de arm, in het bijzonder de bovenarm en de onderarm ten opzichte van het
20 voetdeel uitgeoefende moment biedt het voordeel dat de arm van de manipulator in nagenoeg elke stand met behulp van relatief lichte aandrijfmiddelen kan worden ingesteld en vastgehouden, ook bij belasting van de grijper. Bij voorkeur worden de compensatiemiddelen zodanig uitgevoerd
25 dat de arm, in het bijzonder de bovenarm en onderarm in nagenoeg elke stand door de compensatiemiddelen ongeveer in evenwicht wordt gehouden. Hiermee wordt het voordeel bereikt dat relatief lichte aandrijfmiddelen kunnen worden gebruikt, snel en nauwkeurig kan worden gepositioneerd en
30 bovendien relatief hoge belasting van de arm mogelijk is, ondanks een relatief lichte constructie van de manipulator. Het zal duidelijk zijn dat ook voor slechts één der leden of voor meerdere leden op dezelfde of corresponderende wijze voor zwaartekracht-compensatie kan worden
35 zorggedragen.

In nadere uitwerking wordt de manipulator volgens de uitvinding voorts gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 6, bij voorkeur volgens conclusies 6 en 7.

Door gebruik te maken van excentrieken gekoppeld aan
 5 rotatie-assen van de leden, in het bijzonder de bovenarm en
 onderarm, waarbij veermiddelen zijn voorzien die zijn
 gekoppeld met de betreffende excentrieken wordt het
 voordeel bereikt dat een relatief compacte bouw mogelijk
 is, waarbij de veermiddelen eenvoudig en relatief licht
 10 kunnen worden uitgevoerd en toch voldoende kracht kunnen
 leveren voor compensatie binnen de compensatiemiddelen.
 Door de veermiddelen als trekveren uit te voeren die in het
 voetdeel zijn opgenomen wordt het voordeel bereikt dat de
 veermiddelen veilig en op aantrekkelijke wijze zijn
 15 weggewerkt zonder dat de bewegingsvrijheid van de
 manipulator wordt beperkt. Uiteraard kunnen ook andere
 veermiddelen, zoals drukveren of torsieveren of combinaties
 van dergelijke veermiddelen worden toegepast. Door gebruik
 te maken van bandvormige elementen welke enerzijds met een
 20 positie-vast punt zijn verbonden en anderzijds met een
 betreffende veer, welke bandmiddelen zich over de
 betreffende excentrieken uitstrekken wordt het voordeel
 bereikt dat een relatief eenvoudige constructie wordt
 verkregen die robuust en bedrijfszeker is. Rotatie van de
 25 betreffende assen heeft rotatie van de excentrieken tot
 gevolg, waardoor de bandvormige elementen worden bewogen
 onder verandering van de veerlengte. De spanning in de
 bandelementen, de wrijving tussen de bandelementen en de
 excentrieken en de veranderende krachtarm als gevolg van de
 30 rotatie van de excentrieken zorgt daarbij voor het
 vasthouden van de stand van de onderarm, respectievelijk de
 bovenarm, door zwaartekrachtcompensatie.

Het verdient de voorkeur dat bij een manipulator
 volgens onderhavige uitvinding elk aandrijfmiddel een motor
 35 omvat, gekoppeld aan een in lijn daarmee opgestelde
 reductiekast, welke reductiekast is verbonden met een

aandrijfwiel voor aandrijving van een deel van de arm
aandrijvende as. Hierdoor kunnen de motoren en
reductiekasten relatief goedkoop en compact worden
vervaardigd, waardoor relatief weinig ruimte nodig is in
5 het voetdeel voor het opnemen van de aandrijfmiddelen. De
reductiekasten zijn bij voorkeur onderling gelijk, terwijl
de aandrijfwielen slechts in positie ten opzichte van de
motoren verschillen, waardoor de motoren en reductiekasten
nog eenvoudiger en goedkoper kunnen worden uitgevoerd.
10 Evenwel kunnen ook reductiekasten met verschillende
overbrengverhoudingen worden toegepast. Elke reductiekast
is bij voorkeur voorzien van een koppeling, in het
bijzonder een slipkoppeling, waardoor overbelasting kan
worden vermeden. De motoren zijn bij voorkeur voorzien van
15 encodermiddelen waardoor de stand van de motoren en het
daarmee aangedreven deel eenduidig kan worden bepaald.

In een verdere voordelige uitvoeringsvorm wordt een
manipulator volgens de uitvinding voorts gekenmerkt door de
maatregelen volgens conclusie 10.

20 Gebruik van coaxiale eerste en tweede aandrijfassen,
in elkaar opgenomen, wordt het voordeel bereikt dat een
relatief groot aantal aandrijfassen in een relatief kleine
ruimte kan worden ingebouwd, waarbij rotatie van de
verschillende assen onafhankelijk van elkaar relatief
25 eenvoudig mogelijk is. Hierdoor worden compacte
assenpakketten verkregen. Door onderlinge koppeling van de
eerste en tweede aandrijfwielen van bij elkaar behorende
eerste en tweede aandrijfassen, bijvoorbeeld onder
gebruikmaking van tandwielen en verdere assen of tandriemen
30 kan hierdoor eenvoudig aan elke as een rotatiebeweging
worden opgelegd met behulp van de in het voetdeel opgenomen
aandrijfmiddelen voor het bewegen van de grijper in een van
de zes graden van vrijheid en/of voor het openen en sluiten
van de grijper.

In nadere uitwerking wordt een manipulator volgens de uitvinding voorts gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 12.

De pols biedt het voordeel dat de bewegingsvrijheid
5 van de grijper nog verder wordt verhoogd. Gebruik van een
veerelement, hetwelk zich in lengterichting van het
aangrenzende lid, in het bijzonder de onderarm uitstrekt
voor het bedienen van de grijper, met name wanneer een
grijper met een aantal ten opzichte van elkaar beweegbare
10 vingers wordt gebruikt, biedt het voordeel dat de grijper
relatief eenvoudig vanuit de voorgespannen geopende stand
in een gesloten stand kan worden getrokken en vice versa,
terwijl het veerelement het voordeel biedt dat te grote
sluitkrachten eenvoudig kunnen worden verhinderd. Immers,
15 het veerelement zal eventuele te grote sluitkrachten
compenseren door elastische vervorming.

In een verdere voordelige uitvoeringsvorm wordt de manipulator volgens onderhavige uitvinding gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 13.

20 Door het voetdeel te voorzien van een voetplaat die
roteerbaar gelagerd is nabij het ondereinde van het
voetdeel wordt het voordeel bereikt dat het voetdeel, en
daarmee de arm, rond de lengteas van het voetdeel kan
roteren, waardoor de bewegingsvrijheid van de grijper op
25 eenvoudige wijze nog verder wordt vergroot. Door gebruik te
maken van sleepcontacten voor datatransmissie en voor het
overbrengen van elektrische spanning tussen de
aandrijfmiddelen en een buiten het voetdeel gelegen
besturingseenheid wordt bovendien het voordeel bereikt dat
30 een dergelijke rotatie eenvoudig over een bijzonder grote
hoek, eventueel zelfs over $N \times 360^\circ$ mogelijk is. Het
voetdeel functioneert hierdoor als een extra lid.

Door het voetdeel van de manipulator, althans een
behuizing daarvan in hoofdzaak als een geextrudeerd
35 kokervormig profiel uit te voeren, waarbij uitsparingen
zijn aangebracht voor de aandrijfmiddelen kan een dergelijk

voetdeel op bijzonder eenvoudige en goedkope wijze worden vervaardigd terwijl het voetdeel toch constructief sterk is. Bij voorkeur zijn in het betreffende extrusieprofiel ruimten opgenomen waarin bijvoorbeeld veermiddelen voor
5 compensatiemiddelen en elektronische stuur- en regelmiddelen kunnen worden ingestoken, welke daardoor eenvoudig zijn afgeschermd naar de omgeving.

Verdere voordelige uitvoeringsvormen van een manipulator volgens de uitvinding zijn gegeven in de
10 volgconclusies.

Ter verduidelijking van de uitvinding zal een uitvoeringsvoorbeeld van een manipulator worden beschreven aan de hand van de tekening. Daarin toont:

Fig. 1 schematisch een manipulator volgens
15 onderhavige uitvinding, gekoppeld aan een besturings-eenheid;

Fig. 2 in gedeeltelijk doorgesneden zij-aanzicht een voetdeel met een pakket eerste aandrijffassen voor de schouderas van een manipulator volgens figuur 1;

20 fig. 2A in zij-aanzicht compensatiemiddelen volgens figuur 2;

fig. 3A-3C in gedeeltelijk doorgesneden toestand resp. een vooraanzicht, zij-aanzicht en achteraanzicht van een voetdeel;

25 fig. 4A en B een tweetal horizontale doorsneden van een voetdeel volgens figuur 3;

fig. 5 een bovenaanzicht van een voetdeel volgens de uitvinding;

30 fig. 6 in dwarsdoorsnede een assenpakket voor een schouderas;

fig. 6A schematisch in doorgesneden zij-aanzicht een behuizing voor een bovenarm;

fig. 7A in doorgesneden zij-aanzicht een onderarm, pols, grijperas en assenpakket voor de elleboogas van een
35 manipulator volgens de uitvinding;

fig. 7B een aanzicht haaks op het aanzicht van
figuur 7A van een pols;

fig. 7C in meer detail het aanzicht volgens figuur
7B met onderarmprofiel;

5 fig. 8 in uitvergroot doorsnede-aanzicht een eerste
deel van een polsgewricht;

fig. 9 in uitvergroot doorgesneden aanzicht een
tweede deel van een polsgewricht; en

10 fig. 10 in doorgesneden zij-aanzicht een voetplaat
voor een voetdeel van een manipulator volgens de
uitvinding.

In deze beschrijving hebben gelijke of
corresponderende delen gelijke of corresponderende
verwijzingscijfers. In deze beschrijving is een manipulator
15 1 getoond met een voetdeel 2, een eerste lid 4, een tweede
lid 6, een derde lid 8 en een grijper 10. De grijper 10 is
uitgevoerd met bijvoorbeeld twee of drie naar elkaar toe
beweegbare vingers 12A, 12B doch kan, indien gewenst, ook
anders zijn uitgevoerd, bijvoorbeeld met specifiek op een
20 op te nemen of anderszins aan te grijpen voorwerp
aangepaste klikmiddelen, magnetische middelen, meerdere of
minder vingers en dergelijke. In deze beschrijving zal aan
het eerste lid 4 worden gerefereerd als bovenarm, het
tweede lid 6 als onderarm en het derde lid 8 als pols. Het
25 voetdeel 2 is in hoofdzaak kokervormig uitgevoerd, zoals
nog nader zal worden toegelicht, en is via een voetplaat
zoals nader getoond in figuur 10 roteerbaar om zijn lengte-
as L1 verbonden met een basisplaat 14 welke direct met de
vaste wereld kan worden verbonden of bijvoorbeeld, zoals
30 getoond in figuur 1, via een parallel-armconstructie 16 met
een constructiedeel 18, zodanig dat de manipulator 1 in
verticale richting V kan worden bewogen. Uiteraard kunnen
andersoortige ophangconstructies worden toegepast welke
translerende en/of roterende bewegingen van de volledige
35 manipulator 1 in de gewenste richtingen mogelijk maken.

Nabij het bovineinde 20 is het voetdeel 2 voorzien van een schouder 22 welke de bovenarm 4 zodanig met het voetdeel 2 verbindt dat deze rond een schouderas S kan roteren, N maal 360° , waarbij N bij voorkeur groter is dan 1. De bovenarm 4 is in een elleboog 24 te noemen verbinding zodanig verbonden met de onderarm 6 dat deze ten opzichte van elkaar rond een elleboogas E kunnen roteren, wederom over een hoek van N maal 360° , waarbij N bij voorkeur groter is dan 1. De elleboogas E en de schouderas S liggen bij voorkeur evenwijdig aan elkaar. De pols 8 is zodanig met de onderarm 6 verbonden dat deze ten opzichte van elkaar kunnen roteren rond een polsas P, welke zich bij voorkeur in de lengterichting van de onderarm 6 en de pols 8, welke in elkaars verlengde liggen, uitstrekt en een hoek van 90° insluit met de elleboogas E. De pols 8 kan wederom N keer 360° roteren rond de polsas P, waarbij N wederom bij voorkeur groter is dan 1. De grijper 10 is via een eerste grijperas G1 en een tweede grijperas G2 met de pols 8 verbonden, waarbij de eerste grijperas G1 zich haaks op de polsas P uitstrekt en de tweede grijperas G2 zich haaks op de eerste grijperas G1 uitstrekt, een en ander zodanig dat de grijperas G1 de normaal vormt op het vlak bepaald door de polsas P en de grijperas G2 wanneer deze niet in elkaars verlengde liggen. De eerste grijperas G1 maakt verzwenking van de grijper 10 in het genoemde door de polsas en de grijperas G2 bepaalde vlak mogelijk over een hoek van bijvoorbeeld ongeveer 330° , terwijl de tweede grijperas G2 rotatie mogelijk maakt van de grijper 10 over een hoek van wederom N keer 360° , waarbij N bij voorkeur groter is dan 1. Hierdoor heeft de grijper 10 een bijzonder groot bereik. De afstand tussen de elleboogas E en de eerste grijperas G1, welke evenwijdig aan elkaar kunnen worden gebracht, is bij voorkeur zodanig veel kleiner dan de afstand tussen de elleboogas E en de schouderas 22 dat de grijper 10, de pols 8 en de onderarm 6 tussen de elleboog 24 en de schouder 22 kan worden doorbewogen. Bovendien is de schouder 22 daarbij

bij voorkeur zodanig gedimensioneerd dat voornoemde beweging kan worden uitgevoerd, ook wanneer de bovenarm 4 zich naast het voetdeel 2 bevindt. Hiermee is bovendien een bijzonder compacte opbergstand bereikbaar, waarbij voetdeel 2, onderarm 6 met pols 8 en grijper 10 en de bovenarm 4 zich ongeveer evenwijdig aan elkaar uitstrekken.

Het voetdeel 2, zoals in meer detail getoond in de figuren 2-5, omvat een kokerprofiel 26 dat bij voorkeur is geëxtrudeerd uit bijvoorbeeld aluminium, met bijvoorbeeld een profilering zoals getoond in figuren 4A en B, gearceerde en niet gearceerde delen. De doorsnede als getoond in figuur 4A is over een hoek van 90° geroteerd ten opzichte van de doorsnede als getoond in figuur 4B. Het kokerprofiel 26 is in zijn primaire, geëxtrudeerde vorm in hoofdzaak symmetrisch ten opzichte van een tweetal zich haaks op elkaar uitstrekkende vlakken A1, A2 en omvat een in hoofdzaak cilindrische langswand 28, een tweetal zich evenwijdig aan elkaar uitstrekkende tussenschotten 30 en een middenschot 32 hetwelk de tussenschotten 30 in hun middens verbindt. In het middenschot 32 is, zoals met name getoond in de figuren 3A-3C, een zevental profileringen 34A-34G aangebracht met behulp van boren en/of frezen, waartoe in de langswand van het kokerprofiel 28 geschikte openingen 36A, 36B zijn aangebracht. De profileringen 34A-G zijn alle gelijk, voorzien van een centrale boring 38 en daaromheen aangebracht bevestigingsgaten 40. Bij de bovenste vier profileringen 34A-D is ter linkerzijde een enigszins getrapt vlak 42 voorzien, bij de onderste drie profileringen 34E-G is een dergelijk vlak 42 ter rechterzijde aangebracht.

Zoals getoond in figuur 5 kan vanaf de van het getrapte vlak 42 afgekeerde zijde een motor 44 tegen de profilering 34 worden bevestigd, vastgezet in de gaten 40, waarbij de motoras 46 zich door de betreffende centrale opening 38 uitstrekt. Op de motoras is een huls 48 bevestigd, welke een tandriemwiel 50 draagt dat daarmee bij

voorkeur integraal is gevormd. De huls is met behulp van een eindplaat 52 en een geschikte lagering 54 zodanig ten opzichte van het kokerprofiel 26 gelagerd en opgesloten dat het tandriemwiel 50 met behulp van de motor 44 kan worden
5 geroteerd, onder tussenkomst van een reductie-inrichting 56, waardoor bijzonder nauwkeurig steeds een geschikte rotatie van het tandriemwiel 50 kan worden verkregen door tussenkomst van de reductie-inrichting 56, met behulp van de motor 44. De reductie-inrichting 56 en de motor 44 zijn
10 in lijn gelegen, waarbij de reductie-inrichting 56 is opgesloten binnen de huls 48. In elke profilering 34A-G is op deze wijze een motor 44A-G met reductie-inrichting 56 en huls 48 opgenomen, in figuur 3C schematisch aangegeven. Zoals blijkt uit figuur 3C is voor elke motor 44A-G slechts
15 de huls 48, althans de positie van het tandriemwiel 50 daarop gevarieerd, zodanig dat deze tandriemwielen 50 in zij-aanzicht naast elkaar zijn gelegen, om nog nader te beschrijven reden. Hierdoor zijn de motoren 44, reductiekasten 56 en hulzen 48 relatief eenvoudig en
20 goedkoop te vervaardigen. Door geschikte keuze van tandwielen en dergelijke in de reductiekasten kunnen de overbrengverhoudingen worden gevarieerd. Tussen de motor 44 en de huls 48 is steeds een koppeling 31 aangebracht van het slipkoppelingstype, uitgevoerd als een plaatkoppeling,
25 instelbaar met behulp van een instelmoer 33. Deze slipkoppeling verhindert dat de betreffende motor kan worden overbelast of het daardoor aangedreven deel verkeerd in het bijzonder te ver kan worden aangedreven. Zoals blijkt uit figuur 5 is in een tussen een der tussenschotten
30 30 en het naastgelegen deel van het kokerprofiel 26 een ruimte 58 ingesloten waarin een printplaat 60 met elektronische componenten is ingestoken, bijvoorbeeld vanaf de bovenzijde, waarbij nabij het onderende een stekkerdeel is aangebracht (niet getoond) dat kan worden gekoppeld met
35 een contrastekkerdeel op de voetplaat 312 (niet getoond). Hierdoor kan de printplaat 60 relatief eenvoudig worden

uitgewisseld, althans uitgenomen voor controle, reparatie of aanpassing.

Nabij het bovineinde 20 van het kokerprofiel 26 is een half-cirkelvormige uitsparing 62 met geschikte
5 profilering voorzien, waarin een assenpakket eerste aandrijffassen 64 voor de schouderas S kan worden vastgezet, welk assenpakket 64 in meer detail is getoond in figuur 6. De schouderas S strekt zich haaks uit op de lengte-as L van het voetdeel 2.

10 Het pakket eerste aandrijffassen 64 omvat een zestal concentrisch in elkaar opgenomen holle assen, welke ten opzichte van elkaar zijn gelagerd op nog nader te beschrijven wijze. De assen zijn relatief dunwandig, waardoor een compact eerste aandrijffassenpakket 64 is
15 verkregen.

De eerste rotatie-as 66, welke buiten is gelegen, is relatief kort en is nabij een eerste einde 68 vast verbonden met een schouderplaat 70 die vast kan worden verbonden met een bovenarmprofiel 72. Daartoe kan de
20 schouderplaat 70 met behulp van niet getoonde boutverbindingen door gaten 72 worden vastgezet in gaten met binnenschroefdraad 74 in een schouderstuk 76. Dit betekent dat bij rotatie van de eerste rotatie-as 66 de bovenarm 4 zal roteren rond de schouderas S. Nabij het
25 tweede einde 78 van het eerste aandrijffassenpakket 64, welk tweede einde zich in, althans boven het voetdeel 2 bevindt, is de eerste rotatie-as 66 vast verbonden met een eerste tandriemwiel 80 en met een eerste excentriek 82, dat nog nader zal worden toegelicht. Over het eerste tandriemwiel
30 80 is een tandriem aangebracht, welke bovendien aanligt over het tandriemwiel 50 van de huls 48F. Ter verduidelijking zijn de tandriemen niet getoond. De tweede rotatie-as 84 is nabij het tweede einde 78 voorzien van een tweede aandrijvend tandriemwiel 86 en nabij het eerste
35 einde van een tweede aangedreven tandriemwiel 88. Het tweede aandrijvend tandriemwiel 86 is via een tandriem

gekoppeld met het tandriemwiel 50 van de huls 48E. Op de tweede rotatie-as 84 is bovendien een tweede excentriek 87 bevestigd, naast het tweede aandrijvend tandriemwiel 86. De derde rotatie-as 90 is nabij het tweede einde voorzien van een derde aandrijvend tandriemwiel 92 en nabij het eerste einde van een derde aangedreven tandriemwiel 94. De vierde rotatie-as 96 is nabij het tweede einde voorzien van een vierde aandrijvend tandriemwiel 98 en nabij het eerste einde 68 van een vierde aangedreven tandriemwiel 100. De vijfde as 102 is nabij het eerste einde voorzien van een vijfde aandrijvend tandriemwiel 104 en nabij het tweede einde van een vijfde aangedreven tandriemwiel 106, de zesde rotatie-as 108 nabij het tweede einde 78 van een zesde aandrijvend tandriemwiel 110 en nabij het eerste einde 68 van een zesde aangedreven tandriemwiel 112. Het derde 92, vierde 98, vijfde 104 en zesde aandrijvende tandriemwiel 110 zijn via geschikte tandriemen gekoppeld met de tandriemwielen op resp. de hulzen 48D, 48C, 48B en 48A. Ook deze tandriemen zijn voor de duidelijkheid niet getoond. Voordat de tandriemwielen 50 op de verschillende hulzen 48 ten opzichte van elkaar zijn verschoven, kunnen de verschillende tandriemen (niet getoond) naast elkaar zijn gelegen.

In figuur 2 is in gedeeltelijk doorgesneden zij-aanzicht het voetdeel 2 getoond met daarin het eerste aandrijfassenpakket 64 en compensatiemiddelen 114, welke in zij-aanzicht los zijn weergegeven in figuur 2A. Ter verduidelijking zijn in figuur 2A de excentrieken los weergegeven, dat wil zeggen zonder dat daarin de rotatieassen zijn weergegeven. Zoals duidelijk blijkt uit figuur 2A hebben de excentrieken 82, 87 een in hoofdzaak cirkelvormige dwarsdoorsnede, waarbij de schouderas S als rotatiepunt van de excentrieken excentrisch is gelegen ten opzichte van het midden van de betreffende excentrieken 82, 87. Over het eerste excentriek 82 is een eerste bandvormig element 116 geslagen, dat nabij een eerste einde 118 is

bevestigd aan het kokerprofiel 26 in een bevestigingspunt 120, dat positievast is. Het tegenover gelegen tweede einde 122 van het eerste bandvormige element 116 is bevestigd aan een eerste einde 124 van een kantelarm 126 nabij het

5 ondereinde van het voetdeel 2, welke kantelarm 126 in een draaipunt 128 zwenkbaar is gelagerd ten opzichte van het voetdeel 2. Nabij het ten opzichte van de zwenkas 128 tegenover gelegen tweede einde 130 van de kantelarm 126 is een eerste einde 132 van een eerste trekveer 134 bevestigd.

10 Het tegenover gelegen tweede einde van de betreffende eerste trekveer 134 is vastgezet aan een vast met het voetdeel 2 verbonden pen 138, welke positievast is. Rotatie van de eerste rotatie-as 66 heeft rotatie van het eerste excentriek 82 tot gevolg, waardoor de lengte en/of positie

15 van het tegen het excentriek aanliggende deel van het eerste bandvormige element 116 en de kracht van het excentriek veranderen. Hierdoor wordt het tweede einde 122 van het bandvormig element in verticale richting bewogen, daarbij de kantelarm 126 verzwenkend. Wanneer het eerste

20 einde 124 van de kantelarm 126 omhoog wordt bewogen door het bandvormige element 116 wordt het tegenover gelegen tweede einde 130 naar beneden bewogen, daarbij de eerste trekveer 134 axiaal uittrekkend. Hierdoor wordt de spanning in het bandvormige element vergroot, waardoor de

25 wrijvingskracht tussen het bandvormige element 116 en het eerste excentriek 82 wordt vergroot. Het eerste excentriek 82 is zodanig geplaatst en gedimensioneerd dat de veer 134 via het bandvormige element 116 een relatief groot moment uitoefent op de schouderas, via het betreffende excentriek,

30 doordat de horizontale afstand tussen het bandvormig element 116 en de schouderas S relatief groot (maximaal) is, wanneer de bovenarm 4 zich ongeveer horizontaal uitstrekt en derhalve een maximaal moment uitoefent ten opzichte van de schouderas S. Bij beweging vanuit een

35 dergelijke horizontale stand van de bovenarm 4 naar een verticale stand wordt het excentriek 82 zodanig bewogen dat

de horizontale afstand tussen de schouderas S en het tegen
 het eerste excentriek 82 aanliggende eerste bandvormige
 element 116 verkleint, waardoor genoemd moment eveneens zal
 verminderen, bij voorkeur ongeveer evenredig met het
 5 afnemen van het moment uitgeoefend door de onderarm 4 ten
 opzichte van de schouderas S. Hierdoor wordt voortdurend en
 op bijzonder eenvoudige wijze gecompenseerd voor de stand
 van tenminste de bovenarm 4, althans de daardoor
 uitgeoefende krachten. Door deze zwaartekrachtcompensatie
 10 wordt het voordeel bereikt dat een relatief lichte motor 44
 en een lichte constructie kan worden toegepast voor
 aandrijving van tenminste de bovenarm.

Op vergelijkbare wijze is een tweede bandvormig
 element 140 met een eerste einde 118 in het
 15 bevestigingspunt 120 vastgezet en over het tweede
 excentriek 87 geslagen, welk tweede bandvormig element met
 het tegenover gelegen tweede einde 142 direct is gekoppeld
 met een eerste einde 144 van een tweede trekveer 146. Het
 tegenover gelegen tweede einde 148 van de tweede trekveer
 20 146 is met een vast met het voetdeel 2 verbonden pen 150
 verbonden, welke pen positievast is aangebracht. De werking
 van het tweede excentriek 87 en de daaraan gekoppelde veer
 146 is vergelijkbaar met de werking als eerder beschreven
 voor het eerste excentriek 82 en de eerste trekveer 134.
 25 Zoals nog nader zal worden beschreven wordt met behulp van
 de tweede rotatie-as 84 de beweging van de onderarm 6 ten
 opzichte van de bovenarm 4 gestuurd, hetgeen betekent dat
 het tweede excentriek 87, gekoppeld aan de tweede rotatie-
 as 84, compenseert voor de stand van de onderarm 6, de pols
 30 8 en althans gedeeltelijk voor de grijper 10. Wederom geldt
 dat bij een verticale stand van de onderarm 6 de afstand
 tussen het bandvormige element 140 en de schouderas S
 minimaal, althans relatief klein zal zijn en bij een
 horizontale stand van de onderarm 6 groter, in het
 35 bijzonder maximaal zal zijn, waardoor evenredige
 veranderingen van de uitgeoefende momenten kunnen worden

verkregen, bij voorkeur in verhouding met de verandering
 van de door de onderarm 6 en de genoemde daarmee verbonden
 delen ten opzichte van de elleboogas E uitgeoefende
 momenten. De compensatiemiddelen 114, in het bijzonder de
 5 veren 134 en 146 en de kantelarm 126, alsmede de
 bandvormige elementen 116, 140 zijn in hoofdzaak opgesloten
 binnen het voetdeel 2, in een daarin tussen een tussenschot
 30 en het naastgelegen gedeelte van de langswand 28 van het
 voetdeel 26 gevormde tweede ruimte 152, welke is gelegen
 10 aan de andere zijde van het voetdeel dan de ruimte 58
 waarin de printplaat 60 is opgenomen. Hierdoor zijn de
 compensatiemiddelen eenvoudig naar de omgeving toe
 afgeschermd. Teneinde een verticale stand van tenminste de
 veren 146, 134 te verkrijgen is een tweetal
 15 geleidingswielen 154A, 154B op een as 156 direct onder de
 excentrieken 82, 87 aangebracht, waarover de bandvormige
 elementen 116, 140 worden geleid. De geleidingswielen 154A,
 B kunnen vrij bewegen. Het zal duidelijk zijn dat de veren
 134, 146 ook op andere wijze met de bandvormige elementen
 20 116, 140 kunnen worden gekoppeld en dat bovendien andere
 veermiddelen kunnen worden toegepast, bijvoorbeeld
 drukveren, torsieveren en dergelijke, afhankelijk van de
 gekozen mechanismen. De gekozen uitvoeringsvorm biedt het
 voordeel dat deze eenvoudig in de genoemde ruimte 152 kan
 25 worden opgenomen. Ook kunnen de compensatiemiddelen 114
 voor meer of minder leden zijn voorzien.

Zoals getoond in figuur 6 omvat het bovenarmprofiel
 72 schouderstuk 76, dat enigszins knievormig is. Het eerste
 einde 158 van het schouderstuk 76 kan op eerder beschreven
 30 wijze worden gekoppeld met de schouderplaat 70, terwijl het
 tweede einde 160, hetwelk zich haaks uitstrekt op het
 eerste einde 158, is verbonden met een bus 162, welke aan
 de tegenover gelegen zijde is verbonden met een eerste
 einde 164 van een knievormig eerste elleboogstuk 166. Het
 35 tweede einde van het elleboogstuk 166, hetwelk zich
 evenwijdig aan het eerste einde 158 van het schouderstuk 76

uitstrekt is open, zodanig dat een tweede aandrijfassenpakket 170 gedeeltelijk daarin kan worden gestoken, zoals getoond in figuur 7A. In figuur 7A is de bus 162 weggelaten.

- 5 Het elleboogstuk 166 met het tweede aandrijfassenpakket 170 is in meer detail getoond in figuur 7C, waarin tevens het onderarmprofiel met een gedeelte van een derde assenpakket 172 is weergegeven.

- 10 Het tweede assenpakket 170 omvat een zevende rotatie-as 174, welke nabij een eerste einde is voorzien van een zevende aandrijvend tandriemwiel 176 en nabij het tegenover gelegen einde via een eindplaat 178 vast is verbonden met het onderarmprofiel 180. Rotatie van de zevende rotatie-as 174 heeft derhalve een rotatie van de
- 15 onderarm 6 ten opzichte van de bovenarm 4 rond de elleboogas E tot gevolg. De assen van het tweede aandrijfassenpakket 170 zijn wederom hol en dunwandig uitgevoerd en concentrisch ten opzichte van elkaar opgesteld. Een achtste rotatie-as 182 is nabij het eerste
- 20 einde voorzien van een achtste aandrijvend tandriemwiel 184 en nabij het tegenover gelegen einde voorzien van een afgeknot kegelvormig achtste aangedreven tandwiel 186. De negende rotatie-as 188 is nabij het eerste einde voorzien van een negende aandrijvend tandriemwiel 190 en aan het
- 25 tegenover gelegen einde van een afgeknot kegelvormig negende aangedreven tandriemwiel 192, de tiende rotatie-as 194 nabij het eerste einde van een tiende aandrijvend tandriemwiel 196 en nabij het tweede einde van een afgeknot kegelvormig tiende aangedreven tandwiel 198. De binnen
- 30 gelegen elfde rotatie-as 200 is nabij het eerste einde voorzien van een elfde aandrijvend tandriemwiel 202 en nabij het tegenover gelegen tweede einde van een afgeknot kegelvormig aangedreven elfde tandwiel 204. De afgeknot kegelvormige tandwielen 186, 192, 198 en 204 zijn in
- 35 hoofdzaak in elkaar gelegen, onder tussenkomst van geschikte lageringen 206, bijvoorbeeld kogellagers, zodanig

dat deze tandwielen een afgeknot kegelvormig lichaam vormen.

In gemonteerde toestand ligt het tweede aangedreven tandriemwiel 88 in één vlak met het zevende aandrijvende tandriemwiel 176, het derde aangedreven tandriemwiel 94 met het achtste aandrijvende tandriemwiel 184, het vierde aangedreven tandriemwiel 100 met het negende aandrijvend tandriemwiel 190, het vijfde aangedreven tandriemwiel 106 met het tiende aandrijvende tandriemwiel 196 en het zesde aangedreven tandriemwiel 112 met het elfde aandrijvende tandriemwiel 202. Geschikte, in de figuren niet getoonde tandriemen verbinden de betreffende aangedreven en aandrijvende tandriemwielen, zodanig dat rotaties kunnen worden overgebracht. Zo zal derhalve rotatie van het tweede aangedreven tandriemwiel 88 een rotatie van het zevende aandrijvende tandriemwiel 7 tot gevolg hebben, waardoor de eindplaat 178 wordt geroteerd en daarmee de onderarm 6. Het zal voor de vakman duidelijk zijn dat op vergelijkbare wijze de verdere rotatie-assen 182, 188, 194 en 200 van het tweede aandrijfassenpakket 170 kunnen worden geroteerd.

In de bus 162 zijn spanstaven 206 opgenomen, waarmee de afstand tussen het schouderstuk 76 en het eerste elleboogstuk 166 kan worden ingesteld, zodanig dat de spanning in de tandriemen kan worden ingesteld. Voor zover niet nader toegelicht zijn in de tekening lageringen zoals de genoemde lageringen 204 weergegeven door rechthoeken met daarin geplaatst een kruis. De tandriemwielen zijn voorzien van tussengelegen flenzen teneinde te verhinderen dat de tandriemen elkaar kunnen raken of van de betreffende tandriemwielen kunnen aflopen.

In de onderarm 6, uitgevoerd als een kokervormig profiel 180, is een derde assenpakket 172 opgenomen, hetwelk een hoek insluit met het tweede assenpakket 170, zodanig dat de elleboogas E zich haaks op de polsas P uitstrekt. Het derde assenpakket 172 omvat een drietal concentrisch in elkaar opgenomen holle assen en een

veermechanisme. Een twaalfde rotatie-as 208 is nabij het bij de elleboogas E gelegen eerste einde voorzien van een twaalfde aandrijvend, afgeknot kegelvormig tandwiel 210 en nabij het tegenover gelegen tweede einde vast verbonden met
 5 een eindstuk 212 van de pols 8. Rotatie van de twaalfde rotatie-as 208 heeft derhalve een rotatie van de pols 8 ten opzichte van het onderarmprofiel 180 tot gevolg rond de polsas P. Een dertiende rotatie-as 214 is nabij het eerste einde voorzien van een dertiende, afgeknot kegelvormig
 10 aandrijvend tandwiel 216 en is aan het tweede einde voorzien van een eerste kranswiel 218, dat nog nader zal worden beschreven. Een veertiende rotatie-as 220 is nabij het eerste einde voorzien van een veertiende afgeknot kegelvormig tandwiel 222 en nabij het tegenover gelegen
 15 tweede einde verbonden met een tweede kranswiel 224. Binnen de veertiende rotatie-as 220 is een vijftiende rotatie-as 226 opgenomen, welke nabij een eerste einde is voorzien van een vijftiende afgeknot kegelvormig tandwiel 228 en met het binnen de veertiende rotatie-as 220 gelegen tweede einde
 20 via een schroefdraadverbinding verbonden met een eveneens binnen de veertiende rotatie-as 220 gelegen geleidingsblok 230. Door rotatie van de vijftiende rotatie-as 226 wordt een translatie van het geleidingsblok 230 in de lengterichting van de veertiende rotatie-as 220 verkregen
 25 daar rotatie door een geschikte geleiding 232 wordt verhinderd. Met de van het vijftiende tandwiel 228 afgekeerde zijde van het geleidingsblok 230 is een eerste einde van een trekveer 234 verbonden, welke trekveer binnen de veertiende rotatie-as 220 is opgesloten en met het
 30 tegenover gelegen tweede einde via een U-vormig plaatdeel 236 en een pen 238 is verbonden met een eerste einde van een trekband 240, zoals is getoond in de figuren 7A en 7B.

Zoals in het bijzonder blijkt uit figuur 7C is het elfde aangedreven tandwiel 204 in aangrijping met het
 35 vijftiende aandrijvend tandwiel 228, het tiende aangedreven tandwiel 198 met het veertiende aandrijvend tandwiel 222,

het negende aangedreven tandwiel 192 met het dertiende aandrijvend tandwiel 216 en het achtste aangedreven tandwiel 186 met het twaalfde aandrijvend tandwiel 210. Hierdoor kunnen rotaties van de betreffende assen in het
 5 eerste assenpakket 64, geïnitieerd door de betreffende motoren 44, direct worden overgebracht naar de respectieve rotatie-assen 208, 214, 220, 226 in de onderarm 6 en de pols 8.

De pols 8 omvat een tweede kokerprofiel 242, een
 10 eerste kranswielsamenstel 244, in meer detail getoond in figuur 8, en een tweede kranswielsamenstel 246, in meer detail getoond in figuur 9. Het eerste kranswielsamenstel 244 omvat het eerste kranswiel 218 en het tweede kranswiel 224. Kranswiel dient in deze begrepen te worden als een
 15 tandwiel met een op een kegelvlak gelegen tandkrans. In het tweede kokerprofiel 242 is een eerste lagerbus 248 met behulp van een bout 250 in de wand vastgezet, terwijl een tweede lagerbus 252 eveneens met een bout aan de tegenover gelegen zijde in de wand is vastgezet. De lagerbussen 248,
 20 252 zijn ten opzichte van elkaar enigszins verschoven in de lengterichting van de pols. Rond de eerste lagerbus 248 is een derde kranswiel 254 gelagerd. De tandkrans 256 van dit derde kranswiel grijpt in op de tandkrans 257 van het eerste kranswiel 218, zodanig dat rotatie van het eerste
 25 kranswiel 218 kan worden doorgegeven aan het derde kranswiel 254. De axiale verschuiving van de lagerbussen 248, 252 zorgt er daarbij voor dat het derde kranswiel 254 vrij kan draaien ten opzichte van het tweede kranswiel 224. Rond de tweede lagerbus 252 is op vergelijkbare wijze een
 30 vierde kranswiel 258 gelagerd waarvan de vertanding 260 aangrijpt in de vertanding 261 van het tweede kranswiel 224. Rotatie van het tweede kranswiel 224 zorgt er daardoor voor dat het vierde kranswiel 258 wordt geroteerd. Op het derde kranswiel 254 is een zestiende tandriemwiel 262
 35 vastgezet, op het vierde kranswiel 258 een zeventiende tandriemwiel 264. Het derde kranswiel 254 en vierde

kranswiel 258 zijn elk aan weerszijden voorzien van een afgeknot kegelvormige kamer 266, 268, waarin een aantal rollichamen zoals kogels 270 resp. 272 of andere geschikte lagermiddelen zoals schijven zijn opgesloten onder
 5 aanligging tegen het betreffende kranswiel 254, 258 en de lagerbus 248, 252 en, bij de buiten gelegen kamers 266 tegen de wand van het tweede kokerprofiel 242. Hierdoor is op bijzonder eenvoudige wijze een robuuste en eenvoudige, compacte lagering verkregen van de betreffende kranswielen.
 10 De lagerbussen 248, 252 zijn onderling verbonden door een cilindrische bus 271 waarin de veertiende rotatie-as 220 is gelagerd.

Het tweede kranswielsamenstel 246 omvat een lagerblok 272, zwenkbaar rond een tweetal coaxiaal en
 15 diametraal tegenover elkaar opgestelde in één vlak met de bouten 250 gelegen, en in de wand van het tweede kokerprofiel 242 vastgezette en gelagerde bouten 274, welke de eerste zwenkas G1 van de grijper 10 bepalen. Het bandvormige element 240 strekt zich door dit lagerblok 272
 20 uit tot aan een grijperblok 276. Het bandvormige element 240 is geleid langs een geleidingsrol 278 welke zorg draagt voor geleiding van het bandvormige element 240 bij verzwenking van de grijper rond de eerste grijperas G1. Aan weerszijden is rond een lagerbus 280 van het lagerblok 272
 25 een vijfde kranswiel 282 resp. een zesde kranswiel 284 gelagerd, voorzien van resp. een achttiende tandriemwiel 286 en een negentiende tandriemwiel 288. Een eerste polstandriem 290 strekt zich uit over het zestiende 262 en achttiende tandriemwiel 286, een tweede polstandriem 292
 30 over het zeventiende 264 en negentiende tandriemwiel 288, voor het doorgeven van de betreffende rotaties. Het lagerblok 272 is voorts voorzien van een derde lagerbus 294, welke zich in de van de onderarm afgekeerde richting uitstrekt coaxiaal met de polsas P, waarbij het bandvormige
 35 element 240 zich door de betreffende lagerbus uitstrekt. Rond de derde lagerbus 294 is een zevende kranswiel 296

gelagerd, waarvan de vertanding 298 in aangrijping is met de vertanding 297 van het vijfde kranswiel 282 en met de vertanding 299 van het zesde kranswiel 284. Het zevende kranswiel 296 is voorzien van boutgaten 300 waarop het lijf
 5 302 van de grijper 10 kan worden vastgezet. Rotatie van het zevende kranswiel 296 rond de derde lagerbus 294 heeft derhalve rotatie van de grijper 10 rond de tweede grijperas G2 tot gevolg.

Met behulp van het eerste en tweede
 10 kranswielsamenstel 244, 246 kan de grijper als volgt om de twee grijperassen G1, G2 worden bewogen. Worden het derde en vierde kranswiel 254, 258 in dezelfde richting geroteerd, dan worden ook het vijfde en zesde kranswiel 282, 284 in dezelfde richting geroteerd, waardoor de
 15 grijper 10 rond de eerste grijperas G1 zal worden geroteerd in de rotatierichting van de betreffende kranswielen. Worden het derde kranswiel 254 en het vierde kranswiel 258 in tegengestelde richting geroteerd, althans niet met gelijke snelheid in dezelfde richting, dan zal het zevende
 20 kranswiel 296 worden geroteerd, met als gevolg dat het grijperlichaam 302 en daarmee de grijper 10 rond de tweede grijperas G2 zal worden geroteerd, waarbij bovendien, afhankelijk van het verschil tussen de rotaties van het derde en vijfde resp. het vierde en zesde kranswiel
 25 tegelijkertijd een verzwenking rond de eerste grijperas G1 kan worden verkregen. De geleidingsrol 278 zorgt er daarbij voor dat de bandlengte van het bandvormige element 240 binnen de grijper 10 ongeveer gelijk blijft, zodat de positie van de vingers 12A, 12B van de grijper 10 nagenoeg
 30 niet worden beïnvloed.

Het vijfde, zesde en zevende kranswiel 282, 284 en 296 zijn wederom voorzien van afgeknot kegelvormige kamers 266, 268, waarin wederom geschikte lagermiddelen, in het bijzonder kogels 270, 272 zijn opgenomen, voor het
 35 verkrijgen van eenvoudige, relatief goedkope en robuuste lageringen welke bovendien bijzonder compact zijn.

De grijper 10 is met het grijperlichaam 302 met behulp van een bout 304 op een draadeinde 306 van het grijperblok 276 vastgezet, onder insluiting van de vingers 12A, 12B, althans bewegingslichamen daarvan. Het

5 grijperblok 276 is in axiale richting beweegbaar binnen een bus 308 welke het verlengde vormt van de derde lagerbus 294. Wordt het bandvormige element 240 in de richting van de onderarm weggetrokken met behulp van de veer 234 dan wordt het grijperblok 276 in de betreffende bus 308

10 getrokken, waardoor de vingers 12A, 12B naar elkaar toe worden getrokken, terwijl de vingers door een daartussen opgenomen, niet getoonde veer in de geopende stand zijn voorgespannen, zodanig dat wanneer het grijperblok 276 weer voorwaarts uit de bus 308 treedt de vingers gespreid zullen

15 worden. De vingers 12A, 12B zijn voorzien van eindstukken 12C, 12D welke bij beweging van de vingers 12A, 12B zich ongeveer evenwijdig aan elkaar zullen blijven uitstrekken, zodat een goed grijperoppervlak wordt verkregen bij elke stand van de vingers 12A, 12B.

20 Het voetdeel 2 is met het ondereinde bevestigd op een voetring 310 (figuur 10) welke op nog nader te beschrijven wijze is gelagerd ten opzichte van een met de basisplaat 14 verbonden voetplaat 312. De voetplaat 312 is in zijn buitenomtrek voorzien van een eerste groef 314 met

25 een in hoofdzaak V-vormige dwarsdoorsnede, terwijl de voetring 310 op corresponderende wijze langs zijn binnenomtrek is voorzien van een tweede groef 316. De eerste en tweede groef 314, 316 vormen samen een loopring 320 met een in hoofdzaak vierkante dwarsdoorsnede. In de

30 voetring 310 is een opening 318 voorzien welke uitmondt in de loopring 320 waarin passend kogels 322 zijn opgenomen. De kogels liggen aan tegen de wanden van de loopring 320, waardoor een zeer goede opsluiting en zeer sterke lagering wordt verkregen, op bijzonder eenvoudige en relatief

35 goedkope wijze. De kogels 322 kunnen door de opening 318 in de loopring 320 worden gebracht, waarna de opening 318 met

behulp van een stop 324 kan worden afgesloten. In de voetplaat 312 is een elektrisch contactelement 326 aangebracht waarmee koppeling met een besturingseenheid 328 mogelijk is, welke besturingseenheid bijvoorbeeld ook een
5 elektrische voeding kan omvatten. Via niet specifiek getoonde sleepcontacten 330 kunnen besturingssignalen voor de verschillende motoren 44 worden doorgegeven vanuit de besturingseenheid 328, terwijl het voetdeel 2 met de voetring 310 over N keer 360° rond de lengte-as L kan
10 worden geroteerd waarbij N bij voorkeur groter is dan 1. Een steunlagering en/of afdichting 332 kan zijn opgenomen tussen de voetring 310 en de voetplaat 312, teneinde een volledig afgesloten voetdeel 2 te krijgen. De voetplaat 312 is voorzien van een coaxiaal met de lengte-as L opgestelde
15 bus 331, aan de buitenzijde voorzien van een vertanding 329. Om deze vertanding kan een tandriem (niet getoond) worden aangebracht, welke via eveneens niet getoonde omloopwielen is aangelegd rond het tandriemwiel 50 op de onderste huls 48G, zodanig dat bij aandrijving van de
20 betreffende motor 44G de tandriem wordt aangedreven en via de vertanding 329 het voetdeel 2 roteert rond de lengte-as L.

In het in figuur 6 getoonde eerste aandrijfassenpakket 64 is nabij het tweede einde steeds
25 tussen twee binnen elkaar gelegen rotatie-assen een lagering 332 aangebracht, waartoe in de betreffende aangrenzende dunwandige rotatie-assen steeds tenminste één lagerkamer als een annulaire groef is aangebracht, bij voorkeur aan de buitenzijde van de respectieve
30 binnengelegen rotatie-assen. In deze lagerkamer kunnen eenvoudig lagernaalden worden aangebracht waarna de assen in elkaar kunnen worden geschoven en de betreffende aangedreven tandriemwielen aan het eerste einde daarop kunnen worden vastgezet, onder opname van geschikte
35 lageringen, bijvoorbeeld kogellagers 334 tussen de betreffende aangedreven tandriemwielen. Hiermee wordt op

bijzonder eenvoudige, relatief goedkope en robuuste wijze een bijzonder compacte en geschikte naaldlagering verkregen voor de betreffende assen.

Een manipulator volgens onderhavige uitvinding kan
5 als volgt worden gebruikt.

De manipulator 1 wordt met behulp van de ophangmiddelen 16 aan een frame 18 bevestigd en met behulp van een kabel 336 met de besturingseenheid 328 gekoppeld. Bovendien worden bedieningsmiddelen 338 aan de
10 besturingseenheid 328 gekoppeld. Het voetdeel 2 wordt afgedekt met een buisprofiel 329, bijvoorbeeld van kunststof. Bovendien worden dekdelen 331 op de schouder
aangebracht, zodanig dat tenminste het voetdeel 2, de schouder 22, de bovenarm 4, de elleboog 24, de onderarm 6
15 en de pols 8 naar buiten toe gesloten zijn. De assenpakketten worden op de beschreven wijze onderling gekoppeld, waarbij de aandrijvende tandriemwielen nabij het eerste einde van het eerste aandrijfassenpakket 64 met de
20 tandriemwielen 50 van de betreffende motoren worden gekoppeld.

Met behulp van de bedieningsmiddelen, waarbij bepaalde combinaties van bewegingen kunnen zijn voorgeprogrammeerd of discreet bedienbaar kunnen zijn, kunnen de verschillende motoren 44A-G worden aangestuurd,
25 waardoor de tandriemen door de betreffende hulzen 48A-G kunnen worden aangedreven. Door aandrijving van de eerste rotatie-as 66 kan de bovenarm worden geroteerd rond de schouderas, door aandrijving van de tweede rotatie-as 48, de onderarm 6 rond de elleboogas E. Door rotatie van de
30 derde rotatie-as 90 wordt de pols ten opzichte van de onderarm 6 geroteerd rond de polsas P, door rotatie van de vierde rotatie-as 96 wordt het eerste kranswiel 218 aangedreven, door rotatie van de vijfde rotatie-as 102 het
tweede kranswiel 224. Afzonderlijke of gecombineerde
35 aandrijving van de betreffende kranswielen 218, 224 heeft de eerder beschreven bewegingen van de grijper rond de

eerste en tweede grijperassen G1, G2 tot gevolg. De rotatie van de zesde as 108 tenslotte heeft openen en sluiten van de grijper 10 tot gevolg. De veer 234 heeft daarbij het voordeel dat wordt gecompenseerd voor bijvoorbeeld te grote
5 sluitkrachten, althans te grote sluitkrachten zullen worden tegengegaan doordat de veer 234 dan enigszins zal uitrekken. Aandrijving van de onderste motor 44G heeft, zoals aangeduid, rotatie van het voetdeel 2 ten opzichte van de basisplaat 14 tot gevolg . Met een manipulator 1
10 volgens de uitvinding kan de grijper 10 nagenoeg elke positie rond het voetdeel bereiken binnen door de lengte van een gestrekte bovenarm en onderarm bepaalde ruimte, waarbij het zwenkmechanisme 16 bovendien het bereik nog verder kan vergroten. Zo kan, in tegenstelling tot bekende
15 industriële robots de grijper 10 het voetdeel 2 bereiken en zelfs aangrijpen, zowel nabij de bovenzijde als nabij het onderende daarvan.

Doordat alle motoren en reductiekasten in het voetdeel 2 zijn opgenomen, evenals een belangrijk deel van
20 de electronica, terwijl slechts assen en banden in de verschillende leden zijn aangebracht is de arm van de manipulator 1 relatief licht en robuust, terwijl deze niet gevoelig is voor bijvoorbeeld invloeden van straling, gassen en dergelijke. Dit biedt het voordeel dat een
25 manipulator 1 volgens de uitvinding bijvoorbeeld bijzonder geschikt is voor gebruik in stralingsruimten zoals reactorruimten, in toxische omgevingen, in nauwe ruimten en dergelijke. Als gevolg van in het bijzonder de compensatiemiddelen 114 kunnen bovendien relatief grote
30 krachten worden overgebracht en zware lasten worden gedragen terwijl de motoren relatief licht en eenvoudig kunnen zijn uitgevoerd. Een manipulator volgens de uitvinding kan snel en accuraat worden aangestuurd, waarbij de grijper bijzonder nauwkeurig kan worden gepositioneerd.
35 Een manipulator 1 volgens de uitvinding is uiteraard ook bijzonder geschikt voor ander, bijvoorbeeld ambulant

gebruik zoals door gehandicapten of als industriële robotarm.

De uitvinding is geenszins beperkt tot de in de beschrijving en de tekeningen getoonde
5 uitvoeringsvoorbeelden. Vele variaties daarop zijn mogelijk. Zo kunnen meer of minder leden zijn voorzien, waarbij de verschillende assenpakketten een overeenkomstig ander aantal assen zal hebben. In plaats van de tandriembanden in de bovenarm kan ook hierin een
10 aandrijfassenpakket zijn voorzien, vergelijkbaar met het eerste en tweede aandrijfassenpakket, gebruikmakend van bij voorbeeld vergelijkbare kegelwielsamenstellen. In plaats van de (afgeknot) kegelvormige wielen kunnen uiteraard ook andere geschikte gehoekte, in het bijzonder haakse
15 overbrengingselementen worden toegepast. De tandriembanden kunnen uiteraard eventueel worden vervangen door bijvoorbeeld kettingen, snaren en dergelijke aandrijfmiddelen. Dergelijke variaties zijn voor de vakman direct duidelijk. Ook kunnen, zoals aangegeven,
20 andersoortige grijpermiddelen worden voorzien. Constructieve details kunnen worden gevarieerd. Zo kunnen bijvoorbeeld de verschillende lagermiddelen anders zijn uitgevoerd, kan het voetdeel scharnierbaar of zwenkbaar zijn opgesteld of juist positievast zijn bevestigd, kunnen
25 de motoren en reductiekasten, evenals de hulzen met tandriemwielen 50 anders zijn uitgevoerd en kunnen begrenzingen voor de rotatiemogelijkheden van de verschillende leden al dan niet elektronisch zijn voorzien. De verschillende rotatie-assen kunnen in andere volgorde
30 zijn aangebracht in de resp. assenpakketten, terwijl de leden bovendien anders ten opzichte van elkaar kunnen zijn gepositioneerd, afhankelijk van de gewenste bewegingsmogelijkheden. Deze en vele variaties worden geacht binnen het raam van de door de conclusies geschetste
35 uitvinding te vallen.

CONCLUSIES

1. Manipulator, voorzien van een voetdeel en een aantal beweegbaar met het voetdeel verbonden, respectievelijk elkaar verbonden leden, en tenminste een grijperdeel, zodanig dat de leden en de grijper met het voetdeel een arm
5 vormen, waarbij aandrijfmiddelen, in het bijzonder motoren voor het bewegen van althans een aantal van de leden en de grijper zijn voorzien in het voetdeel.
2. Manipulator volgens conclusie 1 voorzien van ten minste een beweegbaar met het voetdeel verbonden, bovenarm
10 te noemen eerste lid, een met de bovenarm beweegbaar verbonden, onderarm te noemen tweede lid en een met de bovenarm verbonden grijper, waarbij de aandrijfmiddelen, in het bijzonder motoren voor het bewegen van de bovenarm, onderarm en grijper zijn voorzien in het voetdeel.
- 15 3. Manipulator volgens conclusie 2 waarbij een pols te noemen derde lid is voorzien, opgenomen tussen het tweede lid en de grijper, waarbij aandrijfmiddelen voor de pols zijn opgenomen in het voetdeel.
- 20 4. Manipulator volgens een der conclusies 1-3, waarbij een eerste lid, in het bijzonder de bovenarm om een schouderas roteerbaar is ten opzichte van het voetdeel en een tweede lid, in het bijzonder de onderarm rond een elleboogas roteerbaar ten opzichte van het eerste lid, waarbij compensatiemiddelen zijn voorzien die bij beweging
25 van de leden althans gedeeltelijk compenseren voor het daardoor ten opzichte van het voetdeel uitgeoefende moment, een en ander zodanig dat daardoor tijdens gebruik op een aantal aandrijfmiddelen werkende koppels wordt beperkt.
- 30 5. Manipulator volgens conclusie 4, waarbij de schouderas en de elleboogas zich tijdens normaal gebruik in hoofdzaak evenwijdig aan elkaar en bij voorkeur horizontaal uitstrekken en zijn gelegen nabij tegenover elkaar gelegen einden van de het eerste lid, waarbij de grijper rond ten

minste een eerste grijperas roteerbaar is ten opzichte van het tweede lid, welke eerste grijperas bij voorkeur een hoek van ongeveer 90 graden insluit met de elleboogas.

6. Manipulator volgens conclusie 4 of 5, waarbij de schouderas tenminste een eerste rotatie-as en een tweede rotatieas omvat, waarbij de eerste rotatie-as is gekoppeld met het eerste lid en de tweede rotatie-as is gekoppeld met het tweede lid, waarbij de compensatiemiddelen een eerste excentriek omvatten, gekoppeld met de eerste rotatie-as en een tweede excentriek, gekoppeld met de tweede rotatieas, waarbij eerste en tweede veermiddelen zijn gekoppeld met respectievelijk het eerste en tweede excentriek, waarbij de excentrieken zodanig zijn gericht dat bij maximaal te bereiken horizontale stand van het betreffende armdeel de door de veermiddelen op de betreffende rotatie-as uitgeoefende kracht maximaal is en bij maximaal bereikbare verticale stand van het betreffende armdeel deze kracht minimaal is.

7. Manipulator volgens conclusie 6, waarbij de veermiddelen een eerste en tweede druk- of trekveer omvatten welke althans in hoofdzaak in het voetdeel zijn opgenomen, waarbij zich vanaf de veren respectievelijk een eerste en tweede bandvormig element uitstrekt, over het eerste respectievelijk tweede excentriek, waarbij het van de betreffende veer afgekeerde einde positie vast is bevestigd, een en ander zodanig dat bij rotatie van een excentriek met behulp van de betreffende rotatie-as de betreffende veer in lengte verandert.

8. Manipulator volgens een der voorgaande conclusies, waarbij de aandrijfmiddelen een reeks motoren omvat, waarbij elke motor is gekoppeld met een in lijn daarmee opgestelde reductiekast, waarbij de reductiekast is verbonden met een aandrijf wiel dat via overbrengmiddelen is verbonden met een van een aantal in of nabij een schouder opgenomen aandrijfassen van aan te drijven onderdelen, in

het bijzonder de leden zoals bovenarm, onderarm, pols of grijper.

9. Manipulator volgens conclusie 8, waarbij een aantal reductiekasten onderling gelijk is, elk verbonden met een aandrijfas waarop het betreffende aandrijf wiel is
5 aangebracht, waarbij de samenstellen van reductiekast en aandrijf wiel slechts onderling verschillen door de positie van het aandrijf wiel ten opzichte van de betreffende motor.

10. Manipulator volgens een der voorgaande conclusies, waarbij ten minste het eerste lid althans gedeeltelijk hol
10 is uitgevoerd, waarbij een reeks eerste aandrijfassen zich vanuit het voetdeel in het eerste lid uitstrekt, waarbij in het tweede lid een reeks tweede aandrijfassen is aangebracht, welke aandrijfassen coaxiaal in elkaar zijn
15 opgenomen, waarbij tussen de assen een aantal lagermiddelen is opgenomen of gevormd, waarbij een aantal van de eerste assen aan het van het voetdeel afgekeerde einde is voorzien van een eerste aandrijf wiel, terwijl een aantal van de tweede assen is voorzien van een tweede aandrijf wiel,
20 waarbij steeds een eerste aandrijf wiel via een koppelingselement aandrijvend is verbonden met een tweede aandrijf wiel, waarbij de aandrijfmiddelen in het voetdeel zijn ingericht voor het aandrijven van de respectieve eerste aandrijfassen, één en ander zodanig dat
25 zowel het eerste lid als het tweede lid beweegbaar is via de eerste aandrijfassen.

11. Manipulator volgens conclusie 10, waarbij het tweede lid een reeks derde assen omvat, waarvan de lengterichting zich ongeveer haaks op de lengterichting van de tweede
30 assen uitstrekt, waarbij een aantal van de tweede en derde assen van samenwerkende, bij voorkeur afgeknot kegelvormige tandwielen is voorzien voor het overbrengen van rotatiebewegingen van de betreffende tweede assen naar de betreffende derde assen, waarbij althans een aantal van de
35 derde assen is verbonden met een pols te noemen derde lid,

beweegbaar verbonden met het van het eerste lid afgekeerde einde van het tweede lid.

12. Manipulator volgens conclusie 11, waarbij de grijper aan de van het eerste lid afgekeerde zijde van de pols is
5 aangebracht en in een geopende stand is voorgespannen, waarbij zich door de pols een veerelement uitstrekt, enerzijds verbonden met een door rotatie van een der derde assen in lengterichting van het eerste lid verschuifbaar blok en anderzijds met de grijper, zodanig dat bij rotatie
10 van de betreffende derde as het blok in lengterichting wordt verplaatst, daarbij het veerelement verplaatsend en/of in lengte veranderend, waardoor de grijper vanuit de geopende stand in een gesloten stand kan worden getrokken en vice versa.

13. Manipulator volgens een der voorgaande conclusies, waarbij het voetdeel is voorzien van een voetplaat die met
15 behulp van een lagering roteerbaar nabij het onderste einde van het voetdeel daarmee is verbonden, waarbij een aantal sleepcontacten is voorzien voor het overbrengen van
20 elektrische spanning tussen de aandrijfmiddelen en een buiten het voetdeel gelegen spanningsbron en eventueel een besturingseenheid.

14. Manipulator volgens conclusie 13, waarbij de lagering voor de voetplaat een annulaire groef in de
25 buitenomtrek van de voetplaat en een corresponderende annulaire groef aan een binnenoppervlak van een koker van het voetdeel omvat, waarbij de betreffende buitenomtrek van de voetplaat nagenoeg gelijk is aan de betreffende binnenomtrek van de koker en beide groeven een in hoofdzaak
30 V-vormige doorsnede hebben, zodanig dat de beide groeven te zamen een kogelbaan bepalen met een in hoofdzaak rechthoekige, in het bijzonder vierkante of ruitvormige doorsnede, waarin een reeks kogels is opgenomen met een omschrijvende die overeenkomt met genoemde doorsnede van de
35 kogelbaan.

15. Manipulator volgens conclusie 14, waarbij een opening is voorzien in de koker, welke uitmondt in de kogelbaan en een doorlaat heeft die ongeveer gelijk is aan de dwarsdoorsnede van de kogels, waarbij sluitmiddelen zijn
5 voorzien voor afsluiting van genoemde opening na inbreng van de kogels.

16. Manipulator volgens een der voorgaande conclusies, waarbij het voetdeel in hoofdzaak is gevormd uit een in hoofdzaak kokervormig extrusieprofiel, waarbij uitsparingen
10 zijn aangebracht voor de aandrijfmiddelen.

17. Manipulator volgens een der voorgaande conclusies, waarbij in het voetdeel ruimten zijn voorzien voor het opnemen van veermiddelen voor compensatiemiddelen, elektronische componenten en dergelijke.

15 18. Gebruik van een manipulator volgens één der voorgaande conclusies in een voor menselijke betreding ongeschikte ruimte zoals een stralingsruimte of een toxische ruimte.

10 II

